

УДК 004.932

Андреев Ю. С., Гурьянова О. А., Пухова Е. А.
МГУП, г. Москва, Россия

Методы гистограммных преобразований и контроля в процессах полиграфического воспроизведения изображений

Аннотация

В статье предлагаются новые методы, позволяющие провести объективную оценку растровых структур по статистическим параметрам гистограммы, и метод коррекции изображения с использованием преобразования гистограммы по нормальному закону распределения, позволяющий автоматизировать процесс коррекции.

Ключевые слова: гистограмма, растровые структуры, флуктуационные свойства, структура изображения, нормальное распределение.

Andreev Y. S., Guryanova O. A., Pukhova E. A.
MGUP, Moscow, Russia

Methods of histogram transformations and control processes of printing image reproduction

Abstract

There are new methods helping to do objective valuation of screen structures on statistical parameters of the histogram and method of image correction using histogram conversion with Gaussian distribution, allowing to automate correction process in our article.

Keywords: histogram, screen structure, fluctuation properties, image pattern, Gaussian distribution.

Введение

Гистограммные методы, основанные на оценке и преобразовании гистограммы цифрового изображения, получили распространение в различных областях техники, связанных с
© Андреев Ю. С., Гурьянова О. А., Пухова Е. А., 2016

2. Промышленные технологии обработки и передачи текстовой и графической информации

обработкой изобразительной информации, таких, как системы распознавания образов, рентгенология, дуплетная подготовка и анализ изображений в полиграфии [1].

Большой интерес эти методы представляют для применения в процессах полиграфического воспроизведения изображений, так как именно в этом случае возможные задачи наиболее разноплановы.

Наибольшее распространение в полиграфии получили методы анализа изображения. В первую очередь это метод, реализованный во всех средствах программного обеспечения по работе с цифровыми изображениями, позволяющий по гистограмме цифрового изображения определить распределение светлот в его тоновом диапазоне. Такой анализ является оперативным и позволяет обоснованно подходить к выбору стратегии коррекции изображения.

Помимо распределения светлот по гистограмме можно контролировать и структурные свойства изображения, такие как шумы, наличие контуров в изображении, но эти методы не распространены в программном обеспечении из-за необходимости прибегать к статистическому анализу гистограммы для получения наиболее достоверных результатов [1]. Такой подход не всегда обоснован для анализа уже имеющегося цифрового изображения, но может дать новые возможности для прогнозирования структурных свойств получаемой репродукции.

Структурные свойства в существенной степени определяют визуальное качество изобразительной продукции. В полиграфической репродукции на эти свойства, безусловно, влияет необходимость введения автотипной растровой структуры. Многообразие предлагаемых для применения растровых структур актуализирует вопрос.

В данной работе целью является разработка методов, основанных на использовании статистических параметров гистограммы, для оценки уровня флуктуации на равномерном поле, создаваемом растровой структурой, т.е. ожидаемых шумовых свойств растрового изображения, а также для оценки качества воспроизведения деталей изображения в растровом поле.

1. Метод оценки флуктуационных свойств растровой структуры.

Для оценки флуктуационных характеристик растровой структуры тоновая шкала растривалась 10-ю различными растровыми структурами Mega Dot, Mega Dot+, Harlequin Dispersed Screening 42, Harlequin Dispersed Screening 11, Creo Scitex Fulltone, Heidelberg Diamond, Creo Turbo FM, Heidelberg Satin Screening, Kodak MaxTone, Agfa Sublima, Screen Spectra, регулярными, гибридными и стохастическими. Полученные растровые шкалы для отображения в цифровой форме были отсканированы с разрешением 3000ppi. Выбраны участки шкалы в светах (5 %), полутонах (30, 50 %) и тенях (90 %), были получены их гистограммы. Гистограммы характеризуют распределение светлот на равномерном растровом поле, создаваемом исследуемой структурой. Двухмодовый характер гистограммы указывает на то, что на поле имеется существенная разница между темными и светлыми участками, которая может быть причиной заметных флуктуаций (рис. 1). Статистическая оценка такой гистограммы дает большие величины стандартного отклонения светлоты.

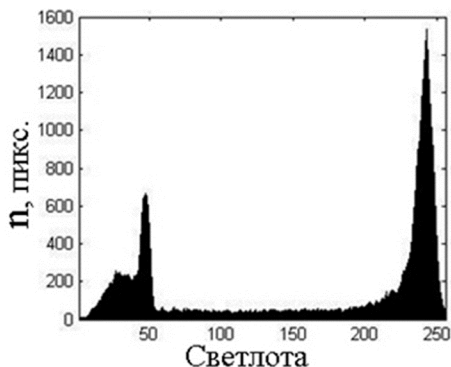


Рис. 1. Гистограмма растрового поля $S_{отн}$ 30 % структуры AgfaSublima

2. Промышленные технологии обработки и передачи текстовой и графической информации

При визуальном восприятии растровой структуры в соответствии с видом функции передачи модуляции человеческого зрения в нормальных условиях рассматривания происходит сглаживание флуктуаций, создаваемых растровой структурой, при этом обычно гистограммы воспринимаемых структур превращаются в одномодовые. Стандартные отклонения таких гистограмм уменьшаются. Разница в ширинах этих гистограмм, величины стандартного отклонения гистограмм могут характеризовать визуальную заметность флуктуации, создаваемых растровой структурой на равномерном растровом поле. Для моделирования визуального восприятия пространственные спектры образцов растровых полей перемножаются с функцией передачи модуляции (ФПМ) зрительного анализатора, полученной усреднением имеющихся в литературе данных [2, 3], после чего осуществляется восстановление сигнала с помощью обратного Фурье-преобразования. (рис. 2).

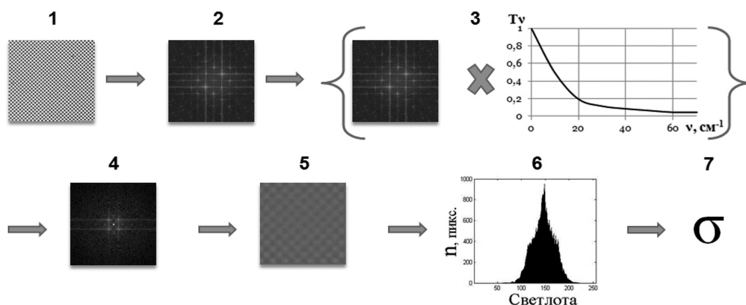


















Рис. 2. Моделирование процесса визуального воспроизведения на примере растровой структуры Agfa Sublima: 1 – образец растровой структуры; 2 – двумерный спектр; 3 – сопряжение двумерного спектра образца с ФПМ зрительного анализатора; 4 – спектр восстановленного изображения; 5 – восстановленное изображение; 6 – гистограммы восстановленного изображения; 7 – оценка стандартного отклонения

В таблице 1 представлены примеры смоделированных растровых структур и гистограммы восстановленных изображений.

Таблица 1

**Воспроизведение растровых структур при моделировании
визуального восприятия и полученные гистограммы.**

Растровая структура	Образцы полей растровых структур $S_{отн}, \%$				Гистограммы образцов полей растровых структур $S_{отн}, \%$			
	5	30	50	90	5	30	50	90
Agfa Sublima								
Creo Scitex Fulltone								

Значения стандартного отклонения светлоты при визуальном восприятии десяти различных растровых структур отражены на диаграммах (рис. 3).

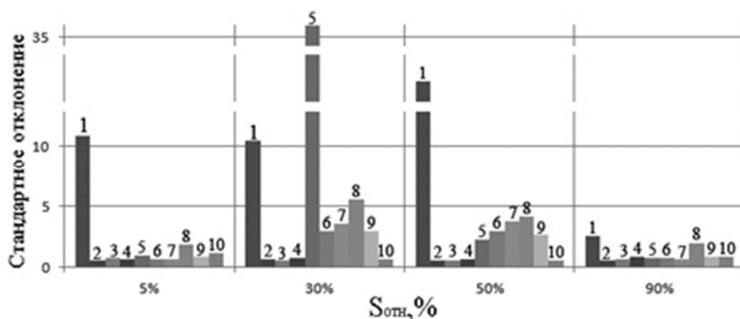


Рис. 3. Диаграммы, ранжирующие растровые структуры по визуальному восприятию флуктуации: 1 – Agfa Sublima; 2 – HDS 42; 3 – Creo Scitex Fulltone; 4 – HDS 11; 5 – Heidelberg Diamond; 6 – MegaDot; 7 – Mega Dot+; 8 – Screen Spectra; 9 – Kodak MaxTone; 10 – Creo Turbo FM

Для большинства структур наблюдаются невысокие значения стандартного отклонения и, следовательно, возможность визуального восприятия флуктуации структур в условиях нормального рассматривания невелика, однако структуры Heidelberg Diamond и Agfa Sublima, отличаются высокими значениями стандартного отклонения, что может быть причи-

2. Промышленные технологии обработки и передачи текстовой и графической информации

ной визуально воспринимаемых шумов.

Предложенный метод оценки флуктуационных свойств растровых структур по статистическим параметрам гистограммы позволяет ранжировать растровые структуры по флуктуационным свойствам и может быть использован для выбора растровых структур при репродуцировании оригиналов с различными свойствами [4].

2. Метод оценки воспроизведения детали изображения в растровом поле.

Метод оценки значения стандартного отклонения распределения светлот в гистограмме может быть применен также для оценки воспроизведения мелких деталей в растровом поле. Однако в этом случае необходима специальная методика подготовки тест-объекта. В качестве объекта анализа используется растровое изображение штрихового тест-объекта с тоном штриха 75 %, просвета 25 %. В состав тест-объекта входят одиннадцать периодических решеток с равной шириной штрихов и просветов, с коэффициентом изменения частоты решеток $\sqrt{2}$ с максимальной частотой 166,6 мм⁻¹, с минимальным размером периода 12 мкм.

Растрированные изображения тест-объекта совмещают с исходными штриховыми решетками тест-объекта таким образом, чтобы штрихи растрированного изображения тест-объекта совпадали со штрихами исходного изображения (рис. 4 а, в), получают гистограмму совмещенного изображения. Далее исходный тест-объект смещают перпендикулярно направлению штрихов на величину, равную половине периода решетки (рис. 4 б, г), снова получают гистограмму. Гистограммы имеют вид, зависящий от взаимного положения решеток и от контраста решетки в растровом поле. На рис. 4а, 4в показаны примеры гистограмм, полученных при наложении тест-объекта с совпадением штрихов. Гистограммы, полученные при наложении тест-объекта со смещением, показана на рис. 4 б, 4 г. При этом в первом случае детали хорошо воспроизводятся в растровом поле, а во втором воспроизведение отсутствует.

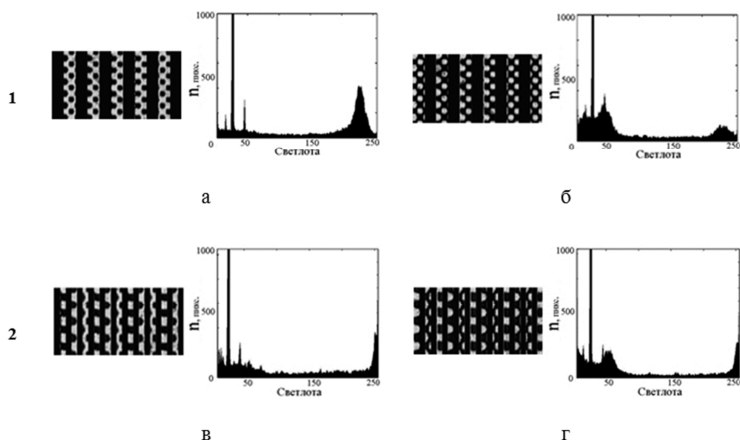


Рис. 4. Примеры растровых полей для разных условий воспроизведения и для двух случаев совмещения с полем исходного тест-объекта и их гистограммы: 1 – воспроизведение деталей; 2 – отсутствие воспроизведения; а, в – совмещение при совпадении штрихов; б, г – совмещение со сдвигом

Существенное различие между гистограммами указывает на воспроизведение штриха в группе. Если изображения, полученные путем наложения исходного тест-объекта с совмещением штрихов (рис. 4 в) и с их сдвигом (рис. 4 г) имеют одинаковые или близкие по форме гистограммы, это указывает на плохое воспроизведение решетки – отсутствие или низкий контраст изображения в растровом поле.

Расчет значений стандартных отклонений показывает степень различия двух гистограмм. В таблице 2 представлены значения разницы стандартного отклонения гистограмм для исследуемых растровых структур. Серым полем выделены те значения, при которых деталь уже не воспроизводится, т.к. разница между значениями незначительна. Наличие заметной разницы показывает, что штрих воспроизводится.

2. Промышленные технологии обработки и передачи текстовой и графической информации

Таблица 2

Разницы стандартного отклонения гистограмм для различных растровых структур

Растровая структура	Значения стандартного отклонения для полей растрованного тест-объекта с различной шириной штриха					
	34	48	68	96	136	192
Agfa Sublima	-	-	-	0,40	12,12	8,50
Creo Turbo FM	-	-	0,60	14,10	28,2	26,50
Screen Spectra	-	-	-	-	1,42	16,90
Creo Sciex Fulltone	-	1,80	21,72	24,3	25,91	26,02
Heidelberg Diamond	-	-	-	-	-	0,61
HDS 11	0,13	19,01	19,03	21,03	23,21	24,70
HDS 42	-	-	1,60	12,03	11,21	11,70
Kodak MaxTone	-	-	0,70	6,25	5,03	8,01
Mega Dot	-	-	-	0,65	8,04	5,19
Mega Dot+	-	-	-	0,51	9,54	6,90

Показана возможность применения гистограммных методов для объективного контроля качества воспроизведения деталей изображения в растровом поле при применении различных растровых структур [5].

Таким образом, показана возможность расширения контрольных функций гистограмм на новую область применения. Однако и в направлении использования гистограммных методов для коррекции тонов изображения возможны новые решения, дающие дополнительные возможности, в частности возможность универсализации метода коррекции градации изображения при наличии различных градационных дефектов в исходном изображении. Такая универсализация может стать основой автоматизации процессов градационной коррекции для различных по свойствам оригиналов.

3. Метод коррекции изображений путем прямого преобразования гистограммы по нормальному закону распределения.

В широко применяемом программном обеспечении гистограммные методы коррекции изображений ограничиваются процессами нормализации и эквализации гистограммы. В первом случае гистограмма нормируется на ограниченном интервале без изменения формы, во втором гистограмма выравнивается во всем предложенном диапазоне светлот изображения. Оба эти метода не являются универсальными для изображений с различными искажениями градации, и имеют ограниченную область применения [6].

Рассмотрим новые возможности применения гистограммных методов для совершенствования процессов преобразования градации.

Решение проблемы возможно через изменение градации изображения путем приведения его гистограммы к заданной форме распределения. За основу взято несколько форм распределения: равномерное, нормальное, треугольное, линейно-возрастающее, линейноубывающее.

На рис. 5 представлено изображение с низким контрастом, требующее коррекции и результаты приведения гистограммы этого изображения по заданным формам распределения.

Аналогичные преобразования рассматривались также для избыточно светлых и избыточно темных изображений, изображений с неравномерным освещением в информативной зоне.

Для определения психологической точности градационного содержания после коррекции изображения были воспроизведены полиграфическим способом.

Проводилась экспертная оценка отпечатанных изображений с использованием метода ранжирования. Наивысший балл получало изображение с наиболее полным воспроизведением тонового диапазона, с проработкой деталей во всем диапазоне. Далее изображения располагались по степени ухудшения данных показателей.

2. Промышленные технологии обработки и передачи текстовой и графической информации

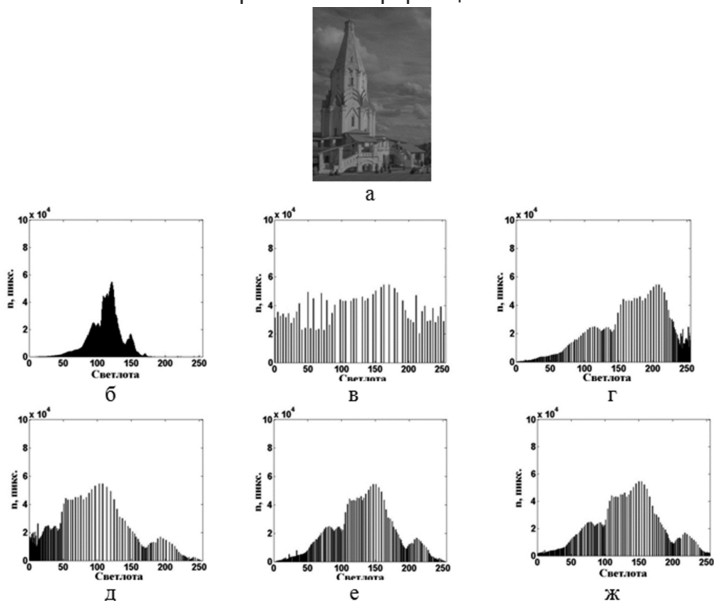


Рис. 5. Изображение и его гистограммы: *а* – исходное изображение; *б* – гистограмма исходного изображения; *в* – приведенная по равномерному закону; *г* – по линейно возрастающему; *д* – по линейно убывающему; *е* – по треугольному; *ж* – по нормальному

По результатам экспертной оценки наивысший балл получили изображения, приведенные по закону нормального и треугольного распределения. При этом гистограммы изображений после приведения по нормальному и треугольному распределению очень схожи, как и соответствующие им изображения. Поэтому для реализации можно выбрать преобразование по нормальному закону [7]. Изображения с градационными искажениями и после приведения по нормальному закону распределения показаны на рис. 6.

Все изображения, приведенные по нормальному закону распределения, схожи по градационному содержанию независимо от исходной градации оригинала (рис. 2. д–з). Таким образом, можно считать, что преобразование гистограммы по закону нормального распределения можно принять в качестве универсального для большинства черно-белых изображений.

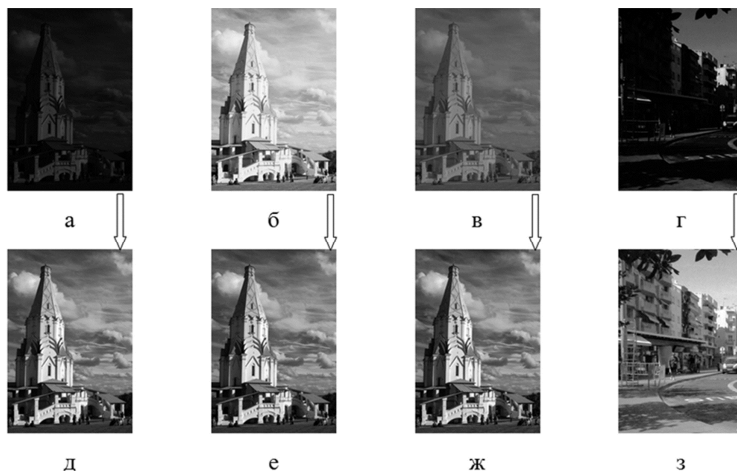


Рис. 6. Изображения с градационными искажениями и соответствующие им приведенные по нормальному закону распределения: а – избыточно темное; б – избыточно светлое; в – малоконтрастное; г – с неравномерным освещением; д–з – приведенные по нормальному закону распределения

Такое преобразование приводит к часто требуемому единообразию оформления издания при использовании оригиналов из разных источников, с разными исходными свойствами.

Предложенный метод дает наиболее стабильный результат для большинства изображений с градационными искажениями по сравнению с другими методами, такими как нормализация и эквализация гистограммы, и удобен для автоматизации про-

2. Промышленные технологии обработки и передачи текстовой и графической информации

цесса коррекции.

Его можно применить в системах автоматизированного управления технологическим процессом при допечатной подготовке черно-белых изображений к воспроизведению.

Заключение

В целом предложенные методы оценки свойств растровых структур по статистическим параметрам гистограммы и методы гистограммной коррекции показывают широкие возможности применения гистограммных методов для выбора условий репродуцирования на допечатной стадии и коррекции изображений.

Список литературы

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2006. 1072 с.

2. Андреев Ю. С., Позняк Е. С. Частотно-контрастная характеристика зрительного анализатора и ее воспроизведение в измерительном устройстве // Журнал научной и прикладной фотографии и кинематографии. М., 1972. № 3. Т. 6. С. 423.

3. Ленкова Г. А., Мызник М. М. Исследование метода и разработка устройства для контроля оптических характеристик глаз // VI Международная конференция «Прикладная оптика»: сб. трудов. Т. 1. Оптическое приборостроение. СПб., 2004. С. 147.

4. Гурьянова О. А., Андреев Ю. С. Метод оценки флуктуационных характеристик растровых структур по статистическим параметрам гистограммы // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2015. № 3. С. 78.

5. Гурьянова О. А., Андреев Ю. С. Метод оценки воспроизведения деталей изображения в процессах автотипного растрирования по статистическим параметрам гистограммы растрового поля // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2015. № 4. С. 105.

6. Блатнер Д. Фрейзер Б. Adobe Photoshop. Искусство доре-
чатной подготовки. Platinum Edition / пер. с
англ. СПб.: ООО ДиаСофтЮП, 2005. 752с.

7. Пухова Е. А. Андреев Ю. С. Применение гистограммной
коррекции для устранения градационных искажений при циф-
ровой обработке изображений // Известия высших учебных
заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2014.
№ 6. С. 4.